

ISSN 0125-9849
 Ris.Geo.Tam Vol. 23, No.2, Desember 2013 (141-154)
[DOI:10.14023/risetgeotam2013.v23.76](https://doi.org/10.14023/risetgeotam2013.v23.76)

RISET
 Geologi dan Pertambangan

KRITERIA RANCANG BANGUN SISTEM PANEN HUJAN DAN ALIRAN PERMUKAAN: STUDI KASUS DAS CISADANE HULU

Design Criteria Of Rainfall And Runoff Harvesting: Case Study In Upper Cisadane Watershed

Nani Heryani, Setyono Hari Adi, dan Budi Kertiwa

ABSTRAK Banjir dan kekeringan merupakan dua fenomena alam yang dapat mengancam sistem produksi pertanian dan ketahanan pangan nasional. Secara kuantitatif masalah banjir terjadi akibat kesenjangan dua hal yaitu: masalah distribusi dan kapasitas (*storage*). Distribusi curah hujan yang tidak merata secara spasial dan temporal menyebabkan kelebihan air di musim hujan dan kekurangan air di musim kemarau. Teknik konservasi tanah dan air dapat dilakukan melalui berbagai cara antara lain melalui pemanenan air hujan dan aliran permukaan menggunakan embung, dam parit, dan lain-lain. Penelitian dilaksanakan di Sub DAS Cisadane Hulu pada Maret sampai dengan Nopember 2011. Tujuan penelitian yaitu: mengkarakterisasi kondisi biofisik wilayah untuk penilaian kesesuaian aplikasi sistem panen hujan dan aliran permukaan, mengembangkan model pengelolaan

air melalui panen hujan dan aliran permukaan dan mengantisipasi banjir dan kekeringan, 3 mengembangkan kriteria rancang bangun sistem panen hujan dan aliran permukaan untuk mengurangi risiko banjir dan kekeringan berdasarkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dam parit dapat dibangun di sub DAS Cikereteg, DAS Cisadane sebanyak 41 buah dapat mengairi target irigasi seluas 50,4 ha. Sedangkan di seluruh DAS Cisadane jika dibangun sebanyak 159 buah akan dapat menurunkan debit puncak sebesar 4,5 m³/detik. Pembangunan dam parit di sub DAS Cikereteg DAS Cisadane Hulu tergolong sesuai secara teknis maupun sosial ekonomi.

Kata kunci: desain kriteria, teknologi panen hujan dan aliran permukaan, banjir dan kekeringan

Naskah masuk : 26 Juli 2013
 Naskah selesai revisi : 08 November 2013
 Naskah siap cetak : 18 November 2013

Nani Heryani
 Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Bogor,
 Indonesia
 E-mail: heryani_nani@yahoo.com

Setyono Hari Adi
 Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Bogor,
 Indonesia
 E-mail: setyono.hari@gmail.com

Budi Kertiwa
 Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Bogor,
 Indonesia
 E-mail: bkartiwa@yahoo.com

ABSTRACT Flood and drought are natural phenomenon that can decrease an agriculture production, leading to threaten national food security. Quantitatively a flood is caused by the presence of a gap between distribution and storage of water. Uneven rainfall distribution by spatially and temporally has caused oversupply of water in the rainy season and water shortage in the dry season. The technology of soil and water conservation consists of several methods by through rainfall and run off harvesting using farm reservoir (embung), channel reservoir etc. The research was conducted at Cisadane upper watershed in March until November 2011. The aims of the research were: to characterize biophysics conditions of research area to assess the suitability of rainfall and runoff harvesting technique, and to develop a model for water management using the technique of rainfall and runoff harvesting in order to anticipate flood and drought, and to develop design criteria of a

141

technique of rainfall and runoff harvesting for alleviating the risk of flood and drought. Result of the research showed that there are 41 channel reservoirs could be constructed at Cikereteg sub watershed, Cisadane upper watershed to irrigate 50.4 ha target areas. While at Cisadane upper watershed 159 channel reservoir, could be constructed to diminish 4.5 m³/sec of peak discharge.

Keyword: *design criteria, rainfall and runoff harvesting, flood and drought*

PENDAHULUAN

Banjir dan kekeringan merupakan dua fenomena alam yang dapat mengancam sistem produksi pertanian dan ketahanan pangan nasional. Secara kuantitatif masalah banjir terjadi akibat kesenjangan dua hal yaitu: masalah distribusi dan kapasitas (*storage*). Menurut Irianto (2002), distribusi hujan yang tidak merata sepanjang tahun cenderung terakumulasi pada waktu yang singkat, pada musim hujan menyebabkan tanah dan tanaman tidak mampu menampung semua volume air hujan yang jatuh ke permukaan bumi. Akibatnya sebagian besar air hujan dialirkan menjadi aliran permukaan, sehingga menyebabkan banjir di hilir. Di sisi lain curah hujan yang eratik, aliran permukaan terkonsentrasi pada waktu singkat menyebabkan cadangan air tanah yang berasal dari air hujan sangat rendah (*recharging*), sehingga cadangan air musim kemarau sangat rendah

Panen hujan dan aliran permukaan pada penelitian ini merupakan suatu proses menangkap, menampung, menahan aliran air pada suatu alur sungai dari suatu daerah tangkapan air atau daerah aliran sungai (DAS) mikro, dikenal dengan dam parit (*channel reservoir*). Air yang ditampung, dapat dialirkan ke daerah target irigasi atau areal/bagian yang lebih rendah. Penampungan dan pemanfaatan aliran permukaan dapat menurunkan debit dan memperpanjang waktu respon dan mengurangi transport polutan. Panen hujan dan aliran permukaan dapat diwujudkan dalam berbagai bentuk teknologi praktis dari yang sederhana sampai yang kompleks, dengan biaya konstruksi dari yang relatif murah sampai cukup mahal.

Beberapa teknik panen hujan sudah diaplikasikan di beberapa wilayah di seluruh dunia. Di India Gupta (1995) mengaplikasikan teknik panen

hujan untuk menghadapi kekeringan dan untuk irigasi pada tanaman. Zakaria *et al.* (2012) memanfaatkan teknologi panen hujan untuk irigasi suplementer di daerah lahan kering yang sering mengalami keterbatasan sumberdaya air di Irak. Teknik ini juga merupakan alternatif yang menjanjikan untuk meningkatkan pemenuhan kebutuhan akan air bersih untuk kebutuhan domestik. Analisis hidrologi dapat digunakan sebagai dasar untuk mendisain struktur dari sistem panen hujan dan aliran permukaan (Raji *et al.*, 2011). Al-Adamat *et al.* (2010) melaporkan tentang metode yang menggabungkan kearifan lokal dengan GIS (Geo-informatics) untuk menyusun kriteria panen hujan untuk mengantisipasi persaingan penggunaan air yang makin meningkat berbagai sektor. Alayyash *et al.* (2012) kemudian mengembangkan dengan menggabungkan pengamatan geofisik dan tanah dengan bantuan GIS.

Teknologi panen hujan dan aliran permukaan diaplikasikan dalam upaya untuk memenuhi kebutuhan irigasi, menekan resiko banjir, maupun untuk mengantisipasi kekurangan air di musim kemarau untuk kebutuhan rumah tangga sudah banyak dilakukan di Jawa Barat, Jawa Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta, Jawa Timur, Sulawesi Tenggara, dan Sulawesi Selatan (Irianto, 2000, 2001, 2001a; Pujilestari *et al.*, 2002; Karama *et al.*, 2003; Sutrisno *et al.*, 2003; CIRAD, 2004; Heryani *et al.*, 2001, 2002 a, 2002 b, 2003, 2005, 2006, 2010, 2012a; 2012b, Sawijo *et al.*, 2006, 2008). Aplikasi teknik panen hujan dan aliran permukaan makin terasa manfaatnya disaat terjadi anomali iklim (El-Nino dan La-Nina). Teknologi ini juga memegang peranan penting dalam merealisasikan salah satu tujuan *Milenium Development Goals (MDG's)* yaitu pelestarian lingkungan hidup (*ensure environmental sustainability*).

Desain kriteria rancang bangun teknologi panen hujan melalui dam parit (posisi, dimensi, dan jumlah) untuk pemenuhan kebutuhan air irigasi dan dampaknya dalam mengantisipasi banjir DAS Ciliwung telah ditetapkan (Sawiyono *et al.*, 2008). Namun desain tersebut masih perlu dikembangkan, diuji, dan dimantapkan di tempat lain. Untuk menunjang keberhasilan penggunaan sistem panen hujan dan aliran permukaan masih diperlukan kajian komprehensif secara kuantitatif tentang pemantapan kriteria metode rancang

bangun sistem panen hujan dan aliran permukaan.

Berdasarkan permasalahan yang seringkali dihadapi masyarakat pedesaan maupun perkotaan, maka teknologi pemanfaatan sumber daya air melalui panen hujan aliran permukaan merupakan alternatif yang dapat dipilih untuk mengantisipasi resiko banjir dan kekeringan yang semakin meningkat durasi dan intensitasnya. Efisiensi pemanfaatan air juga menjadi hal penting yang harus mendapat perhatian khusus dalam pemberdayaan sumber daya air. Untuk menunjang keberhasilan pengembangan teknologi pemanfaatan sumberdaya air ini diperlukan penelitian komprehensif secara kuantitatif.

Tulisan ini menyajikan tentang metode kriteria rancang bangun sistem panen hujan dan aliran permukaan serta penilaian kesesuaiannya, untuk mengurangi resiko banjir dan kekeringan di agroekosistem lahan sawah beriklim basah.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan Waktu

Penelitian telah dilakukan di DAS Cisadane, Provinsi Jawa Barat pada Maret sampai Nopember 2011. Analisis data dilaksanakan di Balai Penelitian Agroklimate dan Hidrologi, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan dan peralatan yang dipergunakan dalam penelitian yaitu: Peta rupabumi Jawa Barat skala 1:10.000 dan peta geologi (Efendi, *et al.*,1998) skala 1:100.000; peta Tanah (PPT, 1983; USDA,1997); Data iklim harian mencakup: curah hujan, suhu udara maksimum, suhu udara minimum, kelembaban udara, radiasi matahari, evapotranspirasi, dan kecepatan angin, 10 tahun terakhir; Data hidrologi mencakup: debit harian 10 tahun terakhir dan data/informasi sumber air tanah dangkal dan sumberdaya air lain yang ada di lokasi penelitian; Data tanah: sifat fisik dan kimia tanah; Alat pengukur penetapan kedalaman muka air tanah; GPS (*Global Positioning System*); *Current meter*; seperangkat komputer, software Arc-View ver. 3.3.

Metodologi

Karakterisasi Biofisik Wilayah Penelitian

Kegiatan yang dilakukan dalam karakterisasi wilayah penelitian di Sub DAS Cikereteg, DAS Cisadane Hulu, mencakup: penyusunan peta satuan lahan, pengumpulan data iklim, identifikasi kondisi hidrologi wilayah penelitian.

Pengembangan Teknologi Panen Hujan dan Aliran Permukaan melalui Dam Parit untuk Mengantisipasi Banjir dan Kekeringan

Kriteria penentuan zona pengembangan dam parit

Penentuan posisi dam parit dilakukan dengan menggunakan metode analisis spasial (SIG) melalui 3 tahapan yaitu: (1) penyusunan peta topografi digital sebagai dasar analisis spasial, (2) delineasi zona prioritas pembangunan dam parit, dan (3) penentuan posisi potensial pembangunan dam parit, 4) penentuan jumlah dan volume bangunan panen hujan.

Analisis data spasial melalui penyusunan peta topografi dilakukan dengan berpedoman pada Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) lembar 1209132, 1209141, 1209142, 1209143, 1209123, dan 1209124 skala 1:25.000 dan Peta Digital Elevation Model (DEM) SRTM zona 58-14 (<http://srtm.csi.cgiar.org/>). Proses analisis spasial dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ESRI ArcGIS versi 9.3 (Dervos, 2006; Saghafian, 2002; Jain, 2000; dan Maidment 1993).

Delineasi zona prioritas penanganan bencana (banjir/kekeringan). Zona prioritas merupakan zona yang memberikan kontribusi terbesar dalam proses terbentuknya debit di outlet. Zona ini ditetapkan sebagai zona penanganan bencana (banjir dan kekeringan) atau dalam penelitian ini dianggap sebagai zona yang diprioritaskan sebagai lokasi pembangunan dam parit. Zona ini ditentukan berdasarkan persentase area terluas dari histogram peta akumulasi waktu tempuh aliran (zona isokron) di DAS Cisadane.

Waktu tempuh aliran dibagi menjadi dua, yaitu: (1) waktu tempuh pada jalur aliran (*channel flow*) dan (2) waktu tempuh di lereng (*overland flow*). Waktu tempuh pada jalur aliran dan waktu tempuh pada lereng masing-masing didekati dengan menggunakan metode Kirpich (Kirpich, 1940) dan Kerby-Hatheway (1959). Metode Kirpich merupakan metode perhitungan waktu konsentrasi aliran untuk DAS dengan luasan

kurang dari 100 hektar dan didominasi oleh *channel flow*. Sedangkan metode Kerby-Hatheway lebih banyak digunakan pada DAS yang didominasi oleh *overland flow* dan memiliki panjang DAS tidak lebih dari 350 meter. Untuk perhitungan waktu konsentrasi aliran pada DAS yang memiliki luasan dan panjang lebih dari itu disarankan menggunakan penggabungan kedua metode tersebut (Thompson, 2006).

Rumus perhitungan waktu tempuh untuk masing-masing sel dengan metode Kirpich didefinisikan sebagai berikut:

$$t_c = 3.9768 \times L^{0.77} \times S^{-385}$$

dengan t_c adalah waktu tempuh pada *channel flow* (menit), L adalah panjang aliran (km), dan S adalah kelerengan (m/m). Rumus ini diterapkan untuk masing-masing sel pada data raster, sehingga panjang aliran adalah sama dengan resolusi data raster tersebut, yaitu 20 meter. Dengan memasukkan nilai tersebut maka rumus perhitungan waktu tempuh untuk tiap sel dengan metode Kirpich dapat disederhanakan menjadi:

$$t_c = 0.1956 \times S^{-385}$$

Waktu tempuh aliran pada *overland flow* berdasarkan metode Kerby-Hatheway dihitung berdasarkan panjang aliran, kelerengan, dan nilai parameter kekasaran (*Roughness parameter*). Dengan memasukkan nilai resolusi data raster, 20 meter, rumus Kerby-Hatheway didefinisikan sebagai berikut:

$$t_o = \left[\frac{43.912 \times N}{\sqrt{S}} \right]^{0.467}$$

dengan t_o adalah waktu tempuh pada *overland flow* (menit), N adalah parameter kekasaran Kerby, dan S adalah kelerengan (m/m). Nilai parameter kekasaran Kerby untuk masing-masing jenis tutupan lahan disajikan pada Tabel 1.

Waktu tempuh aliran DAS Cisadane Hulu (kombinasi dari metode Kirpich dan Kerby-Hatheway) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$t = \text{con}([flowacc] > 100, t_c, t_o)$$

dengan t adalah waktu tempuh per sel raster (menit), $[flowacc]$ adalah data raster akumulasi aliran, t_c adalah waktu tempuh pada *channel flow* (menit), dan t_o adalah waktu tempuh pada *overland flow* (menit).

Kecepatan aliran pada masing-masing sel raster dihitung berdasarkan jarak aliran dan waktu tempuh masing-masing sel, sehingga berlaku rumus:

$$V = \frac{L}{t}$$

dengan V adalah kecepatan aliran untuk masing-masing sel (meter/menit), L adalah panjang aliran (dalam hal ini resolusi data raster, 20 meter), dan t adalah waktu tempuh untuk tiap sel raster (menit).

Penentuan posisi potensial pembangunan dam parit.

Posisi dam parit ditetapkan pada zona prioritas penanganan banjir/kekeringan berdasarkan kriteria posisi pembangunan dam parit modifikasi dari Sawiyo (2007) sebagai berikut: berada pada orde sungai 1, 2, 3 atau ; berada pada area yang memiliki lereng tebing 30-45%, dan memiliki area target irigasi berupa sawah atau tegalan, atau terdapat pemukiman. Titik-titik posisi potensial pembangunan dam parit ditentukan dengan pengamatan visual melalui *overlay* peta-peta zona prioritas penanganan banjir/kekeringan, orde sungai, kelerengan, penggunaan lahan, dan geologi. Pengamatan lapang sangat diperlukan untuk menentukan parameter penentu yang belum diperoleh melalui interpretasi peta atau

Tabel 1. Nilai parameter kekasaran Kerby

Deskripsi tutupan lahan	N
Jalan aspal (permukaan kedap)	0.02
Tanah kosong (bera)	0.10
Lahan dengan sedikit rerumputan, lahan pertanian yang diusahakan	0.20
Padang rumput (ladang penggembalaan)	0.40
Hutan (<i>Deciduous forest</i>)	0.60
Padang rumput lebat, hutan dengan serasah yang tebal	0.80

untuk mendapatkan data yang lebih detail.

Data-data yang masih diperlukan melalui pengamatan lapang yaitu: debit aliran dasar, luas daerah tangkapan, luas target irigasi, dan karakteristik geologi. Berdasarkan kriteria Sawiyo (2008), area yang memiliki lereng tebing $\leq 45\%$ dengan batuan induk berupa batuan vulkanik dengan batuan induk **lanau** dan batu lempung sesuai untuk pembangunan dam parit. Selain masalah teknis, pengamatan lapang ditujukan untuk mendapatkan kriteria sosial dan ekonomi tentang persepsi masyarakat baik pemerintah desa maupun masyarakat di sekitar dam. Dukungan masyarakat sangat diperlukan dalam pembangunan dam parit terutama dalam hal pemeliharaan dan pemanfaatannya baik untuk keperluan domestik maupun pertanian.

Penentuan volume dan jumlah panen hujan skala DAS.

Analisis desain sistem panen hujan dan aliran permukaan untuk mengurangi resiko banjir dan kekeringan dilakukan berdasarkan aplikasi model hidrologi. Model hidrologi yang digunakan adalah model debit harian GR4J. Data yang dibutuhkan meliputi data hujan, data evapotranspirasi potensial (ETP) dan data debit harian.

Penilaian Kesesuaian Sistem Panen Hujan dan Aliran Permukaan

Penilaian kesesuaian sistem panen hujan dan aliran permukaan dilakukan dengan mempelajari hubungan biofisik lahan dan keberlanjutan manfaat sistem panen hujan dan aliran permukaan. Kegiatan dilakukan melalui survei dan pengamatan lapang, serta dibantu dengan peta/data pendukung lainnya. Penilaian kesesuaian dilihat dari sisi dimensi, posisi, dan jumlah bangunan panen hujan aliran permukaan (Sawiyo *et al.*, 2008), sebagai berikut:

- Dimensi (Volume)*, mencakup: karakteristik hujan (durasi dan intensitas hujan); karakteristik biofisik lahan mencakup: geometrik (bentuk, keliling, luas DAS, panjang jaringan sungai utama, panjang total jaringan sungai), morfometrik (pola aliran, rasio panjang sungai dan rasio percabangan), morfologi tanah; dan penggunaan lahan.
- Posisi*, Penentuan posisi bangunan panen hujan harus dirancang secara teknis dan sosial agar dapat berhasil guna dan berkelanjutan mencakup:

- Persyaratan teknis meliputi parameter: (1) Sungai termasuk dalam orde 1, 2, 3 atau 4, (2) Lebar sungai minimal 4-15 m, (3) Mempunyai luas DTA minimal 25 ha, (4) Mempunyai aliran dasar minimal 0,5-1 l/dt dan lebih dari 8 bulan/tahun, (5) Tinggi tebing sungai minimal 2 m sehingga air yang ditampung tidak akan meluapi lahan efektif disekitarnya, (6) Tingkat kemiringan dasar sungai maksimal 3 % , dan (7) areal tidak mudah longsor.
- Persyaratan non teknis (sosial), mencakup parameter: 1) Dibutuhkan oleh masyarakat, 2) Tidak ada keberatan dari pemilik lahan, 3) Sarana dan prasarana bangunan panen hujan memadai.

Penentuan kriteria kesesuaian posisi menggunakan sistem pembobotan dan skoring terhadap unsur (ketersediaan air, daya tampung air, sosial ekonomi) yang dinilai. Ketersediaan air terdiri dari parameter orde sungai, luas DTA, dan debit aliran dasar. Daya tampung air terdiri dari parameter lebar penampang sungai, tinggi tebing dan bentuk sungai, kedalaman endapan sampai lapisan kukuh, sedangkan parameter sosial ekonomi terdiri dari manfaat, dukungan masyarakat, sarana dan prasarana. Besaran nilai skor ditentukan berdasarkan tingkat pentingnya suatu parameter (cukup penting, penting, sangat penting) dalam mempengaruhi kesesuaian posisi. Penjumlahan nilai skoring kemudian akan menentukan tingkat kesesuaian (tidak sesuai, agak sesuai, sesuai, sangat sesuai) dari sisi posisi.

- Jumlah* bangunan panen hujan yang diperlukan. Penilaian kesesuaiannya akan ditetapkan berdasarkan potensi sumberdaya air, tingkat kebutuhan air masyarakat pengguna, modal, dan kondisi biofisik wilayah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

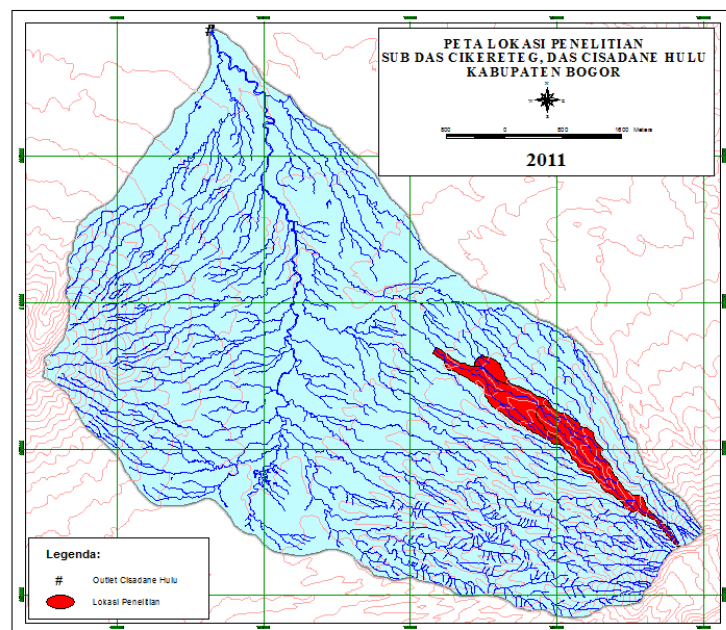
Karakteristik Wilayah

Secara geografis DAS Cisadane Hulu terletak pada 6°36' – 6°43' LS dan 106°44' – 106°57' BT. Luas DAS Cisadane Hulu sampai titik keluaran (*outlet*) di Bendung Empang adalah 243,76 km², mencakup tiga kecamatan di Kabupaten Bogor yaitu Cijeruk (88,12 km²), Kecamatan Caringin

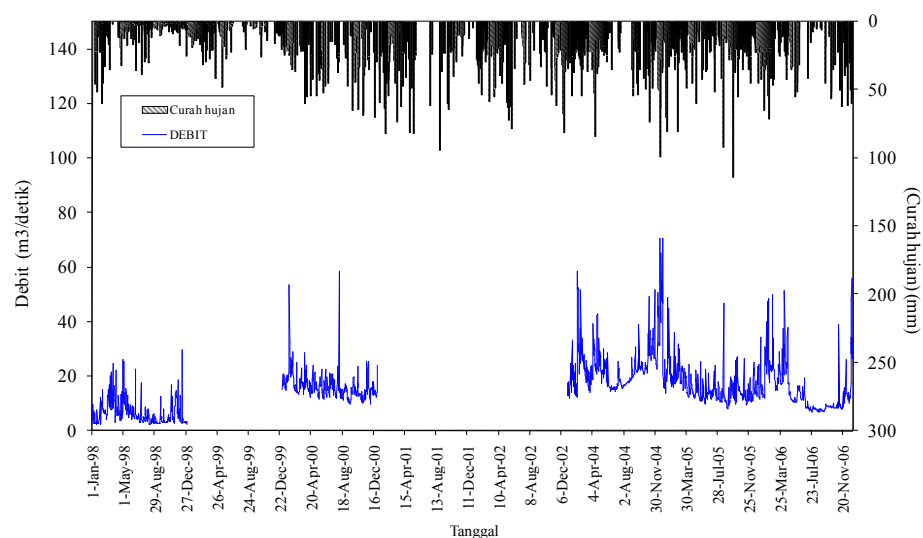
(78.38 km²) dan Kecamatan Ciawi (77.26 km²). Keadaan topografi DAS Cisadane Hulu bervariasi mulai dari datar (41.0%), landai (12.9%), agak curam (13.1%), curam (6.9%), sangat curam (6.9%) dengan ketinggian mulai 200 m dpl sampai dengan 3019 m dpl di daerah puncak Gunung Pangrango. Sungai Cisadane yang memiliki sumber air dari Gunung Pangrango, mempunyai panjang 78 km dari hulu menuju titik keluaran di Bendung Empang. Bagian hulu sungai berada di daerah pegunungan, berarus deras dan memiliki tebing yang curam, serta memiliki dasar sungai yang berbau, banyak

mengandung pasir dan kerikil.

Sub DAS Cikereteg merupakan salah satu sub DAS yang ada di DAS Cisadane hulu. Penelitian pengembangan teknologi panen hujan melalui dam parit untuk mengatasi banjir dan kekeringan dilakukan di sungai Cilimus, sub DAS Cikereteg, DAS Cisadane Hulu. Lokasi penelitian termasuk kedalam wilayah administratif Desa Cileungsi, Kecamatan Ciawi, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1. Secara geografis lokasi penelitian terletak pada 06° 43' LS dan 106° 53' BT dengan ketinggian tempat 782 mdpl.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Sub DAS Cikereteg, DAS Cisadane Hulu, Jawa Barat



Gambar 2. Curah hujan dan debit harian Sungai Cisadane Hulu, periode 1998-2006

Karakteristik Hidrologi

Karakteristik debit harian Sungai Cisadane tergambar dari data hasil pengamatan tinggi muka air harian pada Bendung Empang, Bogor. Data debit harian selama periode 1998 – 2006 diperoleh dari Balai Hidrologi, Puslitbang Air, Departemen PU, Bandung, Jawa Barat. Sedangkan data curah hujan harian periode 1998-2006 direpresentasikan oleh Stasiun Hujan Pasir Jaya, Kecamatan Caringin, Bogor yang diperoleh dari Proyek Pengendalian Banjir dan Pengamanan Pantai Ciliwung-Cisadane, Dinas PU Pemda DKI. Fluktuasi debit harian sungai Cisadane Hulu serta curah hujan harian periode 1998 – 2006 disajikan pada Gambar 2.

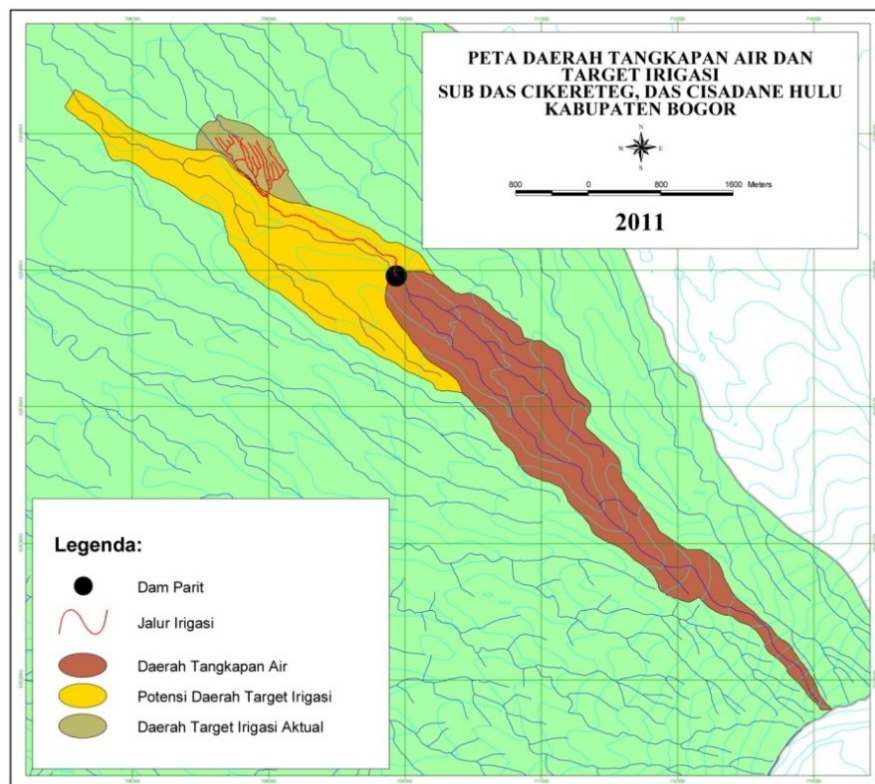
Berdasarkan data pengamatan selama 1998-2006, debit maksimum absolut harian Sungai Cisadane hulu mencapai 70,7 m³/detik terjadi pada tanggal 20 Desember 2004, debit minimum absolut harian sebesar 2,2 m³/detik terjadi pada tanggal 8-12 Agustus 1998, sedangkan debit rata-rata selama periode tersebut sebesar 15,7 m³/detik.

Aplikasi Teknologi Dam Parit Di Sub DAS Cikereteg, DAS Cisadane

Daerah tangkapan air lokasi pembangunan dam parit di sub DAS Cikereteg mencakup luasan 392,2 ha. Dengan kapasitas tampung dam parit sekitar 149,5 m³ dan debit Sungai Cilimus 30 l/detik diperkirakan dapat mengairi target irigasi seluas 50,4 ha. Peta daerah tangkapan air disajikan pada Gambar 3. Air dari dam parit disalurkan ke daerah target irigasi melalui saluran irigasi. Bangunan panen hujan berupa dam parit, saluran irigasi dan daerah target irigasi disajikan pada Gambar 4.

Rancang Bangun Sistem Panen Hujan dan Aliran Permukaan (Dam Parit)

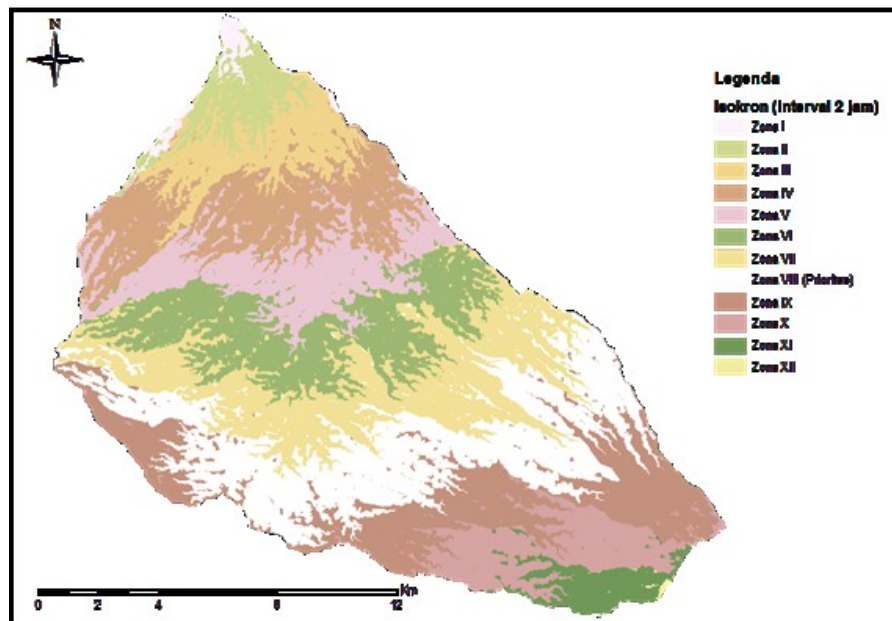
Desain pengembangan dam parit dilakukan dengan memperhatikan unsur posisi, dimensi/kapasitas tampung dan jumlahnya dalam suatu kawasan Sub DAS atau DAS. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Balai Penelitian Agroklimate dan Hidrologi (Balitklimate) pada tahun 2005-2008, dam parit dapat mengurangi intensitas banjir dan kekeringan, sehingga teknologi ini dapat dikembangkan dalam suatu sistem pengelolaan DAS.



Gambar 3. Peta daerah tangkapan air dan target irigasi di Sub DAS Cikereteg, DAS Cisadane Hulu, Jawa Barat



Gambar 4. Dam parit di Sungai Cilimus, Sub DAS Cikereteg, DAS Cisadane Hulu (kiri), saluran irigasi dari dam parit (tengah) untuk mengalirkan air ke daerah target irigasi (kanan)



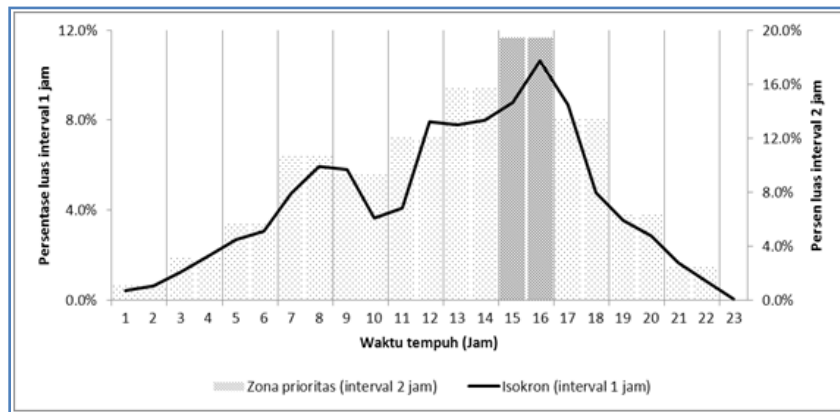
Gambar 5. Peta isokron DAS Cisadane Hulu, Jawa Barat

Dalam menyusun desain pengembangan dam parit diperlukan suatu kriteria untuk menentukan dimensi, posisi, dan jumlah dam parit yang diperlukan dalam suatu kawasan DAS. Kriteria tersebut meliputi beberapa faktor antara lain: faktor iklim dan air, kondisi biofisik DAS, dan sosial masyarakat.

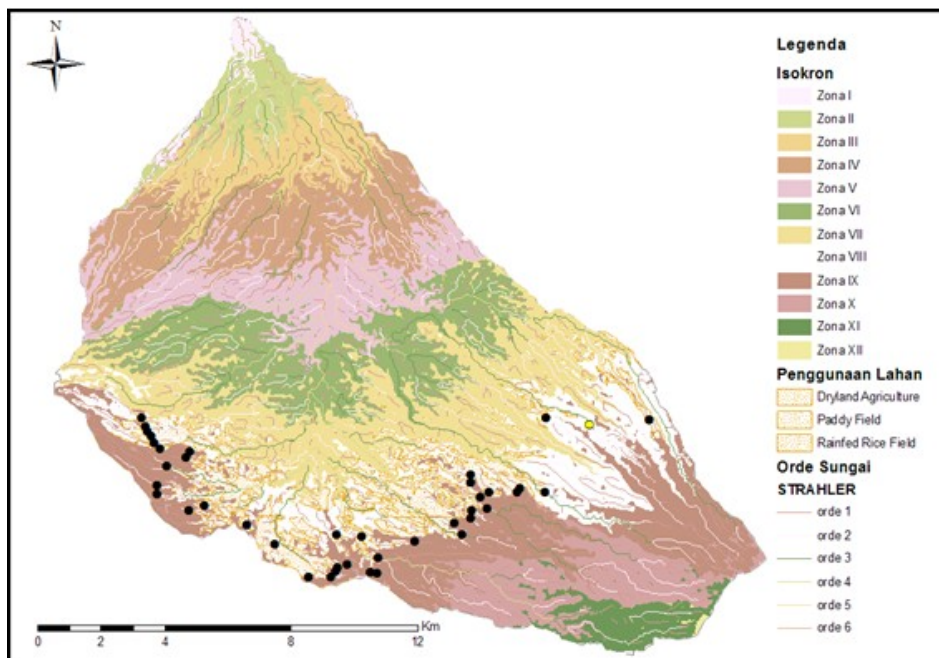
Untuk mendelineasi zona isokron (Gambar 5) yaitu zona di dalam DAS yang memiliki kecepatan aliran yang sama, akumulasi waktu tempuh aliran dihitung dengan menggunakan fungsi FLOW-LENGTH (dengan input data raster arah aliran dan faktor pembobot adalah kebalikan dari nilai kecepatan aliran. Hasil dari proses ini diekstrak untuk kemudian nilai persentase luasan masing-masing zona dengan

interval waktu 1 jam di plot dalam sebuah histogram. Nilai persentase zona kontribusi terbesar pada histogram (Gambar 6) selanjutnya dijadikan dasar sebagai penentuan zona prioritas pembangunan dam parit.

Akumulasi waktu tempuh dari hulu sampai ke outlet DAS Cisadane adalah 0 – 24 jam. Dengan interval waktu 2 jam, area penelitian terbagi menjadi 12 zona isokron. Dari histogram persentase area kontribusi dapat dilihat bahwa zona prioritas terletak pada selang ke delapan, yaitu pada selang akumulasi waktu tempuh 15 – 16 jam. Zona ini memiliki luas area 4590 hektar yaitu 20% dari total luas area DAS Cisadane hulu dan berjarak antara 15 – 20 km dari titik outlet.



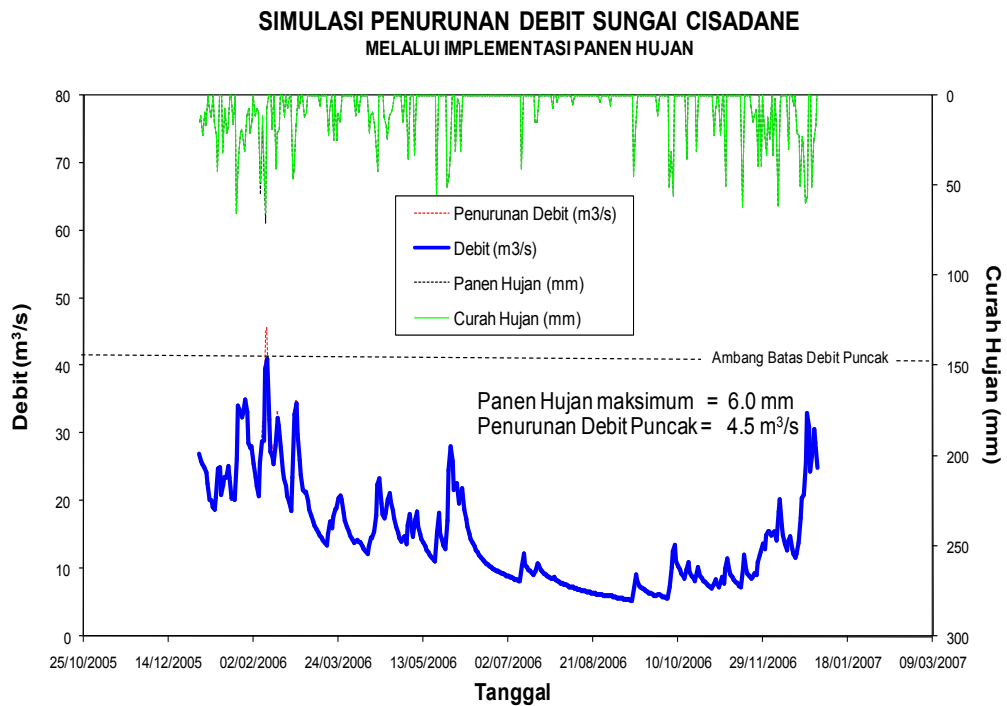
Gambar 6. Histogram persentase area kontribusi terhadap *outlet* DAS Cisadane Hulu



Gambar 7. Peta lokasi potensial pembangunan dam parit di zona prioritas penanganan banjir DAS Cisadane Hulu

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa pembangunan dam parit dapat dilakukan di 41 titik (simbol lingkaran warna hitam) menyebar di zona prioritas penanganan banjir/ kekeringan. Posisi dam parit terletak pada orde sungai 1 – 3, dimana setiap dam parit terletak pada posisi lebih tinggi dari area target irigasi sehingga memungkinkan untuk mendistribusikan air secara gravitasi. Dam parit yang dibangun pada penelitian ini sebagai validasi dari analisis melalui SIG, telah sesuai dan terletak pada zona prioritas (simbol lingkaran warna kuning). Hal ini

menunjukkan bahwa metode penentuan posisi pembangunan dam parit yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat dijadikan dasar sebagai metode penentuan titik-titik pembangunan dam parit pada lokasi-lokasi yang lain. Secara lengkap posisi potensial pembangunan dam parit di sub DAS Cisadane hulu disajikan pada Tabel Lampiran 1. Untuk mengetahui banyaknya dam parit yang dapat dibangun di seluruh DAS Cisadane dilakukan simulasi debit DAS Cisadane seperti disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Simulasi penurunan debit sungai DAS Cisadane melalui implementasi teknologi panen hujan

Berdasarkan simulasi debit dari DAS Cisadane seperti disajikan pada Gambar 8. dengan jeluk hujan yang dapat dipanen sebesar 6,0 mm, dapat menurunkan debit puncak sebesar 4,5 m³/s. Total volume panen hujan di DAS Cisadane mencapai 1.110.000,00 m³, dengan asumsi kapasitas

tampung bangunan panen hujan sebesar 7000 m³, maka di seluruh DAS Cisadane diperlukan sebanyak 159 bangunan panen hujan untuk menurunkan debit puncak di DAS Cisadane dari 45,6 m³/s menjadi 41,1 m³/s.

Tabel 2. Parameter dan tingkat kepentingan penentu posisi dam parit

No	Parameter	Tingkat kepentingan	Bobot
A Biofisik			
1	Orde sungai	Cukup penting	10
2	Potensi air yang dapat dipanen = (DTA x CH max)/debit kritis banjir	Penting	15
3	Debit aliran dasar	Penting	15
4	Tinggi tebing	Penting	20
5	Bentuk sungai	Sangat penting	15
6	Lebar penampang sungai	Cukup penting	15
7	Kestabilan bangunan	Penting	10
B Sosial ekonomi			
9	Manfaat	Sangat penting	30
10	Dukungan masyarakat	Sangat penting	30
11	Sarana Bahan bangunan	Cukup penting	20
12	Sarana perhubungan	Cukup penting	20

Tabel 3. Parameter data fisik dan sosial ekonomi dam parit perhitungan kesesuaian posisi dam parit di Sub DAS Cikereteg, DAS Cisadane

No	Parameter	Nilai parameter	Nilai skor	Bobot
A	Fisik			
1	Orde sungai	Orde 4	3	10
2	Potensi DTA	> 200 ha	5	15
3	Debit aliran dasar	58,3 l/detik	5	15
4	Tinggi tebing	1,75 m	2	20
5	Bentuk sungai	Lurus	4	10
6	Lebar penampang sungai	14 m	2	15
7	Kestabilan bangunan	> 50 cm lunak	4	20
	Skor akhir biofisik		3,7	
B	Sosial ekonomi			
9	Manfaat	Irigasi+domeastik+banjir	5	30
10	Dukungan masyarakat	Sangat besar	5	30
11	Sarana Bahan bangunan	Pasir +batu	5	20
12	Sarana perhubungan	Susah	2	20
	Skor akhir sosial ekonomi		4.4	
	Skor akhir rata-rata		4.05	

Penilaian Kesesuaian Sistem Panen Hujan dan Aliran Permukaan melalui Dam Parit

Dalam menentukan kesesuaian posisi dam parit perlu diidentifikasi tingkat kepentingan, sistem pembobotan, dan skoring dari semua unsur yang dinilai. Parameter yang dinilai terdiri dari 2 kelompok yaitu 7 kelompok parameter teknis dan **4 parameter sosial ekonomi. Besaran bobot dari** masing-masing parameter dinilai sesuai dengan tingkat kepentingannya, dengan total bobot masing-masing kelompok parameter tersebut adalah sebesar 100. Besaran bobot untuk parameter teknis yaitu 10, 15, dan 20, sedangkan untuk parameter dari kelompok parameter sosial ekonomi yaitu 15, 20, dan 25. Kriteria pembobotan masing masing parameter disajikan pada Tabel 4.

Untuk menghitung kesesuaian dam parit yang telah dibangun, dilakukan *matching* atau tumpang tepat antara karakteristik parameter biofisik dan parameter sosial ekonomi, nilai skor masing-masing parameter disajikan pada Tabel 3. Hasil perhitungan kesesuaian posisi dam parit dilakukan di sub DAS Cikereteg, DAS Cisadane Hulu dimana dam parit dibangun, disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 3 dan 4 diketahui bahwa berdasarkan kriteria pengembangan dam parit, dam parit yang dibangun di Sub DAS Cikereteg yang memiliki skor akhir 3,7 tergolong sesuai secara teknis, dan dengan skor 4,05 tergolong sesuai dari sisi sosial ekonomi.

Tabel 4. Kriteria skor tingkat kesesuaian penentuan posisi dam parit dari kelompok parameter biofisik lahan dan sosial ekonomi

No	Tingkat kesesuaian	Total skor
1	Sangat sesuai	4,51 – 5,0
2	Sesuai	3,51 – 4,5
3	Cukup sesuai	2,51 - 3,5
4	Tidak sesuai	1,51 – 2,5
5	Tidak sesuai	< 1,5

Dengan demikian pembangunan dam parit di sub DAS Cikereteg sesuai secara teknis maupun sosial ekonomi.

KESIMPULAN

Daerah tangkapan air lokasi pembangunan dam parit di sub DAS Cikereteg mencakup luasan 392,2 ha. Dengan kapasitas tampung dam parit sekitar 149,5 m³ dan debit Sungai Cilimus 30 l/detik diperkirakan dapat mengairi target irigasi seluas 50,4 ha.

Pada zona prioritas penanganan banjir di DAS Cisadane hulu dibutuhkan 41 buah dam parit berikut salurannya. Sedangkan di seluruh DAS Cisadane diperkirakan dibutuhkan sebanyak 159 buah, yang dapat menurunkan sebesar puncak sebesar 4,5 m³/detik.

Kriteria rancang bangun sistem panen hujan dan aliran permukaan melalui dam parit disusun dengan memadukan dua faktor penting yaitu faktor biofisik lahan dan faktor sosial ekonomi. Pembangunan dam parit di sub DAS Cikereteg DAS Cisadane Hulu tergolong sesuai secara teknis maupun sosial ekonomi.

TERIMA KASIH

Tulisan ini disajikan berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian tentang "Pengembangan Metode Penentuan Kriteria Rancang Bangun Sistem Panen Hujan dan Aliran Permukaan untuk Mengurangi Risiko Banjir dan Kekeringan". Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kementerian Riset dan Teknologi yang telah mendanai penelitian ini. Penghargaan disampaikan kepada Ir. Sawiyo, M.S. yang telah aktif membantu melaksanakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Adamat, R., A. Diabat and G. Shatnawi. 2010. "ombining GIS with Multicriteria Decision Making for Siting Water Harvesting Ponds in Northern Jordan. *Journal of Arid Environments*. Vol. 74:1471-1477. doi:10.1016/j.jaridenv.2010.07.001.
- Alayyash, A., Al-Adamat, H. Al-Amoush1, O. Al-Meshan, Z. Rawjefih, A. Shdeifat1, A. Al-Harashsheh, M. Al-Farajat. 2012. Runoff Estimation for Suggested Water Harvesting Sites in the Northern Jordanian

Badia. *Journal of Water Resource and Protection*, 2012, 4, 127-132 doi:10.4236/jwarp.2012.43015.

- CIRAD, 2004. Research-Development activities: "Farming system intensification on catchments in Jawa Tengah and DI Yogyakarta provinces ". Laporan kegiatan kerjasama Balitklimat-CIRAD.
- Dervos, N., E.A. Baltas, and M.A. Mimikou., 2006. Rainfall-Runoff Simulation in an Experimental Basin using Gis Methods. *Journal of Environmental Hydrology*, 14(4).
- Efendi, A.C., Kusuma, dan B. Hermato, 1998. Peta Geologi lembar Bogor, Jawa, Skala 1: 100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Gupta, G.N., 1995. Rain-water management for tree planting in the Indian desert. *Journal of Arid Environment* 31, 219–235
- Goel, A.K., Kumar, R., 2005. Economic analysis of water harvesting in amountainous watershed in India. *Journal of Agricultural Water Management*: 71, 257–266.
- Heryani, N., B. Kartiwa, G. Irianto, dan L. Bruno. 2001. Pemanfaatan sumberdaya air untuk mendukung sistem usahatani lahan kering : Studi kasus di Sub DAS Bunder, DAS Oyo, Gunungkidul, DIY. Dalam Sofyan, A. et al. (eds.). Prosiding Seminar Sehari Peranan Agroklimat dalam Mendukung Pengembangan Usahatani Lahan Kering. Puslibangtanak, Badan Litbang Pertanian.
- Heryani, N, G. Irianto, N. Pujilestari, 2002a. Upaya peningkatan ketersediaan air untuk menekan resiko kekeringan dan meningkatkan produktivitas lahan. Prosiding Seminar Nasional Agronomi dan Pameran Pertanian 2002. Perhimpunan Agronomi Indonesia, 29-30 Oktober 2002. Bogor.
- Heryani, N, G. Irianto, N. Pujilestari, 2002b. Pemanenan Air untuk Menciptakan Sistem Usahatani yang Berkelanjutan (Pengalaman di Wonosari, Daerah Istimewa Yogyakarta). *Bulletin Agronomi*. XXX(2):45-52. 2002.
- Heryani, N., G. Irianto, N. Sutrisno, E. Surmaini.

2003. Penelitian dan Pengembangan Pengelolaan Sumberdaya Air untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Kering di Kabupaten Cianjur Jawa Barat. Laporan Akhir Penelitian. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi dan Direktorat Pemanfaatan Air Irigasi. Laporan Akhir Penelitian.
- Heryani, N., Sawiyo, B. Kertiwa, K. Sudarman, P. Rejekiningrum, Y. Apriyana. 2005. Pengelolaan Sumberdaya Iklim dan Hidrologi untuk Mendukung Primatani. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian. Kementan.
- Heryani, N., Sawiyo, N. Pujilestari. 2006. Pengelolaan Sumberdaya Iklim dan Hidrologi untuk Mendukung Primatani kecamatan Semin, kabupaten Gunungkidul, propinsi DIY Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian. Kementan.
- Heryani N, S H Talaohu, K Sudarman, Nasrullah. 2010. Pengembangan Metode Penentuan Kriteria Rancang Bangun Sistem Panen Hujan dan Aliran Permukaan Untuk Mengurangi Resiko Banjir dan Kekeringan >30%. Laporan Akhir Penelitian Kemenristek. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian Kementan.
- Heryani, N., H. Sosiawan, S. H. Talaohu, S.H. Adi. 2012a. Pengembangan Sistem Panen Hujan dan Aliran Permukaan untuk Mengurangi Risiko Kekeringan Mendukung Ketahanan Pangan. Laporan Akhir Penelitian Insentif Peningkatan Peneliti dan Perekayasa.
- Heryani, N. 2012b. Pemberdayaan sumberdaya tanah dan air untuk meningkatkan nilai tambah produk pertanian berbasis sumber daya lokal, Jurnal Penelitian Kajian Ilmiah. Vol.VI No. 32. Vol. VI
- Irianto, G. 2000. Panen hujan dan aliran permukaan untuk meningkatkan produktivitas lahan kering DAS Kali Garang. Jurnal Biologi LIPI. Vol. 5, No. 1, April 2000. p.29-39.
- Irianto, G., P. Perez and Duchesne. 2001. Modeling the influence of irrigated terrace on the hydrological response of a small basin. Environmental Modeling and Software 16 (2001). Elsevier Science Ltd. p.31-36.
- Irianto, G., J. Duchesne., F. Forest., P. Perez., C. Cudennec., T. Prasetyo and S. Karama. 2001a. Rainfall and Runoff Harvesting for Controlling Erosion and Sustaining Upland Agriculture Development. Proceeding of the 10th International Soil Conservation Organization Conference, 23-28 May 1999, West Lafayette, Indiana USA.
- Jain, S. K., R. D. Singh, and S. M. Seth. 2000. Design Flood Estimation Using GIS Supported GIUH Approach. Water Resources Management. 14(5): p. 369-376.
- Karama, S. 2003. Panen Hujan Dan Aliran Permukaan Untuk Menanggulangi Banjir Dan Kekeringan Serta Mengembangkan Komoditas Unggulan. Laporan Riset Unggulan Terpadu VII Bidang Teknologi Hasil Pertanian. Kementerian Riset dan Teknologi RI dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Kerby, W.S. 1959. Time of concentration for overland flow. Civil Engineering, 29(3): p. 60.
- Kirpich, Z.P. 1940. Time of concentration of small agricultural watersheds. Civil Engineering, 29(3): p. 362.
- Maidment, D.R. 1993. Developing a Spatially Distributed Unit Hydrograph by using GIS. in Proceeding of HydroGIS'93. 1993: IAHS Publ. no. 211.
- PPT. 1983. Jenis dan macam tanah di Indonesia untuk keperluan survei dan pemetaan tanah daerah transmigrasi, Pusat Penelitian Tanah Proyek Penelitian Pertanian Menunjang Transmigrasi.

- Pujilestari, N., G. Irianto, N. Heryani. 2002. Peningkatan produktivitas lahan kering melalui pembangunan “channel reservoir” bertingkat (Studi kasus di sub DAS Bunder, Kabupaten Gunungkidul, Provinsi DIY). Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Puslitbangtanak, Cisarua-Bogor, 2002.
- Raji, P., E. Uma and J. Shyla. Rainfall-Runoff Analysis of a Compacted Area. *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal*. Manuscript No.1547. Vol.13, No.1.
- Sawiyo, B. Kartiwa, H. Sosiawan, K. Sudarman. 2008. Panen air dengan dam parit dan aplikasi irigasi suplementer untuk peningkatan produktivitas lahan. Laporan Akhir Penelitian. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. (Tidak dipublikasikan).
- Sawiyo, B. Kartiwa, H. Sosiawan, K. Sudarman. 2007. Panen air dengan dam parit dan aplikasi irigasi suplementer untuk peningkatan produktivitas lahan. Laporan Akhir Penelitian. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. (Tidak dipublikasikan).
- Sutrisno. N., dan N. Heryani. 2005. Panen Hujan dan Aliran Permukaan serta Peranan Dam Parit dalam Peningkatan Produktivitas Lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. Vol.1 No. 1. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian.
- Sutrisno, N, Sawijo, N. Pujilestari. 2003. Pengelolaan Air dan Pengembangan Pertanian Berkelanjutan untuk Penanggulangan Banjir dan Kekeringan. Laporan Akhir Penelitian. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi dan Proyek Pembinaan Perencanaan Sumber Air Ciliwung – Cisdane. (Tidak dipublikasikan).
- Saghafian, B., P. Y. Julien, and H. Rajaie. 2002. Runoff hydrograph simulation based on time variable isochrone technique. *Journal of Hydrology*. 261(1-4): p. 193-203.
- Thompson, D.B. 2006. The Rational Method, Regional Regression Equations, and Site-Specific Flood-Frequency Relations. Texas Tech University: Texas. p. 105.
- USDA 1997. Key To Soil Taxonomy, Six Edition Soil Survey Staff USDA, Washington DC.
- Zakaria. S., N. Al-Ansari, S.Knutsson, M. Ezz-Aldeen. 2012. Rainwater harvesting and supplemental irrigation at Northern Sinjar Mountain Iraq. *Journal of Purity, Utility Reaction and Environment* Vol.1 No.3,:121-141.